



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 39 20 726 C 2

⑮ Int. Cl. 5:  
**H 04 R 17/10**  
B 06 B 1/06

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑳ Unionspriorität: ㉚ ㉛ ㉜

29.06.88 JP P 161786/88 15.08.88 JP P 203031/88  
26.10.88 JP P 270291/88 26.10.88 JP P 270292/88

㉗ Patentinhaber:

Olympus Optical Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

㉘ Vertreter:

Schickedanz, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 6050  
Offenbach

㉙ Erfinder:

Fujimura, Takanao, Kodaira, JP

㉚ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

|    |              |
|----|--------------|
| DE | 36 35 806 A1 |
| JP | 63-87 184 A  |
| JP | 61-52 163 A  |

㉛ Ultraschalloszillator

DE 39 20 726 C 2

DE 39 20 726 C 2

## Beschreibung

Es ist bereits ein Ultraschallvibrator der eingangs genannten Art bekannt, der Überlagerungsschwingungen in beliebiger Richtung erzeugen kann und insbesondere zur Verwendung in einem Ultraschallmotor oder der gleichen einsetzbar ist (DE 36 35 806 A1). Hierbei werden an einem Schwingungsende elliptische Schwingungen erzeugt, die einen Rotor drehen können. Um die Elliptizität und die Schwingungsrichtung am Schwingungs- und Abtriebsende und damit das Schwingungsbild einer Überlagerungsschwingung steuern zu können, weist der bekannte Ultraschallvibrator zwei Elektrostriktivelemente auf, zwischen denen eine Elektrodenplatte angeordnet ist. Ein Vibrator ist kontaktierend an dem einen Elektrostriktivelement zur Anlage gebracht, während ein Metallteil mit einer Anschlußlasche kontaktierend am anderen Elektrostriktivelement zur Anlage kommt. Die beiden Elektrostriktivelemente mit den dazwischen liegenden Elektrodenplatten sowie der Vibrator und das Metallteil sind mittels eines Gewindestabzugs stramm miteinander verspannt. Wesentlich für die Steuerung der Elliptizität ist die Ausbildung der Elektrostriktivelemente und der Elektrodenplatte. Die Elektrostriktivelemente weisen jeweils vier Elektrodenpaare auf, die in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnet sind. Dabei besteht jedes Elektrodenpaar auf seiner Oberfläche aus Elektroden, die durch einen Isolationsbereich hälfzig geteilt sind. Auf der Unterseite der Elektrodenpaare ist eine für alle Paare gemeinsame Elektrode vorgesehen. Die zwischen den Elektrostriktivelementen angeordnete Elektrodenplatte ist ebenfalls in Elektrodenbereiche unterteilt, und zwar derart, daß sie den Bereichen der Elektrostriktivelemente entsprechen. Die Elektrodenbereiche der Elektrodenplatte sind mit Anschlußlaschen versehen, an die eine in der relativen Phase steuerbare Spannungsquelle geschaltet ist. Die Steuerfrequenz dieser Spannungsquelle ist auf die Resonanzfrequenz des Ultraschallvibrators in Axialrichtung abgestimmt.

Nachteilig ist hierbei, daß für die Erzeugung elliptischer Schwingungen Phasenverschiebeeinrichtungen für die Anregungsspannung vorgesehen sein müssen. Außerdem müssen die Elektrostriktivelemente und die dazwischenliegende Elektrodenplatte unterteilt werden.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen Ultraschalloszillator zu schaffen, mit dem elliptische Schwingungen unter Verwendung einfacher Bauteile erzeugt werden können.

Die Erfindung betrifft einen Ultraschalloszillator nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ultraschalloszillatoren, die piezoelektrische Elemente aufweisen, werden oft als Motorantriebe eingesetzt. Bei solchen durch Piezoelemente angetriebenen Motoren kann es sich um drehende oder linear bewegende Motoren handeln.

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Der mit der Erfindung erzielte Vorteil besteht insbesondere darin, daß mit Hilfe des Ultraschalloszillators Ultraschallmotore mit hohem Wirkungsgrad hergestellt werden können. Außerdem ragen die Reibungsdrrehmomentübertragungsstifte, die eine große Härte und eine große Abriebfestigkeit besitzen, aus den Oberflächen hervor, welche die elliptische Ultraschallschwingung erzeugen, wodurch die Drehbedingungen auf den Drehmomentübertragungsflächen stabilisiert werden und die Berührungsfläche zwischen den Übertragungsstiften

und dem Rotor verkleinert wird. Hierdurch wird eine große Drehstabilität erreicht, und es werden Geräuschbildungen verhindert sowie die Lebensdauer des Ultraschallmotors verlängert. Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß ein Ultraschallmotor geschaffen werden kann, bei dem ein Rotor und ein Steckverbinder ständig mittels einer bestimmten Druckkraft zusammengehalten werden, wodurch jegliche Lockerung der Verbindung von Rotor und Steckverbinder sowie jede andere Lose im Ultraschallmotor verhindert wird. Schließlich besteht ein weiterer Vorteil der Erfindung darin, daß die Schwingungen des Freiträger- und Auslegerbereichs eines Verbinder keine Dämpfungen erleiden, wodurch nur geringe Schwingungsverluste auftreten, die frei von Ausgangsverlusten sind.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1a und 1b eine Seitenansicht bzw. eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform der Erfindung:

Fig. 2, 3, 4 (a, b) und 5 (a, b) eine zweite, dritte, vierte und fünfte Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 6 eine teilweise geschnittene Ansicht auf eine sechste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ultraschallmotors;

Fig. 7 eine perspektivische Darstellung eines wesentlichen Teils der Fig. 6;

Fig. 8 eine Explosionsdarstellung eines Ultraschallmotors gemäß Fig. 6;

Fig. 9a eine teilweise geschnittene Draufsicht auf eine siebte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ultraschallmotors;

Fig. 9b eine perspektivische Ansicht auf einen wesentlichen Bereich der Fig. 9a;

Fig. 10 eine perspektivische Explosionsdarstellung eines Ultraschallmotors gemäß Fig. 9a;

Fig. 11a eine teilweise geschnittene Darstellung einer achten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallmotors;

Fig. 11b und 11c perspektivische Darstellungen eines wesentlichen Teils der Fig. 11a;

Fig. 11d, 11e und 11f perspektivische Darstellungen, die andere Beispiele des Aufbaus des wesentlichen Teils der Fig. 11a zeigen;

Fig. 12a eine teilweise geschnittene Draufsicht auf eine neunte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallmotors;

Fig. 12b eine perspektivische Explosionsdarstellung des in der Fig. 12a gezeigten Ultraschallmotors;

Fig. 13a, 13b, 13c und 13d vergrößerte Draufsichten auf Teile von Druckbefestigungs-Kraftverbindungsstiften;

Fig. 14 eine perspektivische Darstellung, die eine weitere Ausführungsform eines Verriegelungselements zeigt;

Fig. 15 eine perspektivische Ansicht eines wesentlichen Teils einer zehnten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallmotors;

Fig. 16a, b eine perspektivische Ansicht eines wesentlichen Teils einer elften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallmotors;

Fig. 17 einen Längsschnitt durch eine zwölften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallmotors;

Fig. 18 eine perspektivische Ansicht des Motors gemäß Fig. 17 und

Fig. 19 einen Längsschnitt durch eine dreizehnte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ultraschallmo-

tors.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, umfaßt der Ultraschalloszillator 1 piezoelektrische Elemente 2, die mit einem (nicht dargestellten) Hochfrequenzgenerator verbunden sind, ein Horn (Resonator) 4 mit einer Kontaktfläche 3 (d. h. in Kontakt mit dem zu betreibenden Apparatkörper), welche parallel zu den Schwingungsflächen der piezoelektrischen Elemente 2 ist, einen Bolzen 6 zur Befestigung des Horns 4 und der piezoelektrischen Elemente 2 mittels eines Rings 5, um sie aneinander zu fixieren, etc. Die Bezugszahlen 7 kennzeichnen Arretierungslamellen.

Auf dem Horn 4 ist eine geneigte Fläche 9 vorgesehen, welche sich zwischen der Kontaktfläche 3 und der äußeren Umfangsfläche erstreckt und mit Bezug auf die Achse 8 des Ultraschalloszillators einen vorgegebenen Neigungswinkel aufweist.

Wenn in dem Ultraschalloszillator 1 mit dem oben beschriebenen Aufbau eine Longitudinal-Schwingung, d. h. gemäß der Zeichnung in senkrechter Richtung, erzeugt wird, indem eine entsprechende Hochfrequenz an die piezoelektrischen Elemente 2 durch einen Hochfrequenzgenerator angelegt wird, wird die Schwingung durch das Horn 4 verstärkt, wobei die Kontaktfläche 3 des Horns 4 aufgrund der Resonanz in hohem Maß in vertikaler (longitudinaler) Richtung 10 schwingt. Gleichzeitig treffen Schwingungswellen auf die geneigte Fläche 9 des Horns 4 auf, so daß der vordere Endbereich des Horns 4 in seitlicher Richtung 11 zu schwingen beginnt. Aus den longitudinalen und lateralen Schwingungen 10 und 11 wird dann eine elliptische Oszillation erzeugt.

Dementsprechend kann ein Rotationskörper wie ein (nicht dargestellter) Rotor zur Rotation oder eine flache Platte (nicht dargestellt) zu einer Parallelbewegung gebracht werden, wenn sie gegen die Kontaktfläche 3 gepreßt werden.

Dieses Ausführungsbeispiel zeigt somit einen Ultraschalloszillator 1, der einfach aufgebaut ist und eine elliptische Oszillation erzeugt, die mit geringen Kosten erreicht werden kann. Während bei den herkömmlichen Oszillatoren der die Longitudinal-Schwingung erzeugende Bereich von dem die Lateralenschwingung erzeugenden Bereich getrennt vorgesehen ist, was unvermeidlich zu einem Schwingungsverlust im Abschnitt zwischen den beiden Bereichen führt, wird bei diesem Ausführungsbeispiel kein solcher Schwingungsverlust hervorgerufen, weil der die elliptische Oszillation erzeugende Mechanismus ein integrales Ganzes bildet, wodurch ein Ultraschalloszillator mit hohem Wirkungsgrad erhalten werden kann.

Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In diesem wird beispielhaft der Aufbau eines Ultraschallmotors 20 dargestellt, welcher einen Ultraschalloszillator 1 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel verwendet.

Der Ultraschallmotor 20 enthält einen Ultraschalloszillator 1 und einen Rotorbereich 21, welcher mit einer vorgegebenen Druckkraft gegen die Kontaktfläche 3 des Ultraschalloszillators 1 gepreßt wird.

Auf eine Beschreibung des Ultraschalloszillators 1 kann an dieser Stelle verzichtet werden, da er mit demjenigen gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel identisch ist.

Der Rotorbereich 21 besteht aus einem ringförmigen Rotor 22 und einer Welle 24, an welcher der Rotor mittels eines Lagers 23 gelagert ist, wobei der Rotor 22 mit einer vorgegebenen Druckkraft gegen die Kontakt-

fläche 3 des Horns 4 gedrückt wird.

Nachfolgend wird die Arbeitsweise des Ultraschallmotors mit dem obigen Aufbau beschrieben.

Wird eine Longitudinal-Schwingung erzeugt, indem 5 durch einen Hochfrequenzgenerator (nicht dargestellt) eine entsprechende Hochfrequenz auf die piezoelektrischen Elemente 2 gegeben wird, so wird in der Kontaktfläche 3, wie oben beschrieben, eine elliptische Oszillation erzeugt. Der Rotor 22, welcher gegen die Kontaktfläche 3 gedrückt ist, wird dementsprechend in der elliptischen Rotationsrichtung 25 gedreht, wobei der Ultraschallmotor 20 angetrieben wird.

Dieses Ausführungsbeispiel ermöglicht folglich einen Ultraschallmotor 20 mit einer einfach auszuführenden Konstruktion, wodurch er mit geringen Kosten hergestellt werden kann.

Darüber hinaus werden bei diesem Ausführungsbeispiel keine Schwingungsverluste verursacht, weil der die elliptische Schwingung erzeugende Mechanismus des Ultraschalloszillators 1 als ein integrales Ganzes ausgebildet ist, wie dies bereits mit Bezug auf das erste Ausführungsbeispiel beschrieben ist. Mit diesem Ausführungsbeispiel wird also ein sehr leistungsfähiger Ultraschallmotor 20 geschaffen.

Fig. 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Während der Ultraschallmotor 20 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel den Rotor 22 antreibt, ist gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Ultraschallmotor 31 (Antriebsvorrichtung für Linearbewegung) vorgesehen, welcher ein Werkstück 30, welches das zu bewegende Objekt darstellt, geradlinig bewegt. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind zwei (oder eine andere Anzahl) dem Ausführungsbeispiel 1 entsprechende Oszillatoren 1 nebeneinander angeordnet und erzeugen auf den Kontaktflächen 3 der Ultraschalloszillatoren 1 eine synchronisierte elliptische Schwingung. Auf eine Beschreibung des Aufbaus und der Arbeitsweise der Ultraschalloszillatoren 1 wird verzichtet, da diese denjenigen gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel entsprechen.

Mit dem Ultraschallmotor 31 für Linearbewegungsantrieb gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel kann auf jeder der Kontaktflächen 3 eine synchronisierte elliptische Schwingung erzeugt werden, indem auf jeden Ultraschalloszillator 1 eine Hochfrequenz gegeben wird. Das Werkstück 30, welches auf den Kontaktflächen 3 beweglich angebracht ist, kann durch den Ultraschallmotor 31 für Linearbewegungsantrieb in der durch den Pfeil 32 angedeuteten Geradeausrichtung bewegt werden.

Das vorliegende Ausführungsbeispiel ermöglicht somit einen Linearbewegungsmechanismus mit einem sehr einfachen Aufbau.

Die Fig. 4a und 4b zeigen ein viertes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist ein Ultraschalloszillator 1 vorgesehen, der ein zu bewegendes Objekt in zwei verschiedene Richtungen bewegen kann, indem lediglich die angelegte Frequenz verändert wird. Aus Fig. 4b, welche eine Draufsicht auf die Vorrichtung gemäß Fig. 4a zeigt, ist ersichtlich, daß die Kontaktfläche 3 des Horns 4 mit Bezug auf die Achse 8 des Ultraschalloszillators 1 versetzt angeordnet ist. Im vorderen Endbereich des Horns 4 sind vier Oberflächen 40, 41, 42 und 43 ausgebildet. 55 Die entsprechenden Konfigurationen dieser geneigten Flächen sind folgende: Die geneigten Flächen 42 und 43 sind so angeordnet, daß der vordere Endbereich des Horns 4 von der Vorderseite des Horns 4 in Richtung

des Pfeils 44 aus gesehen eine asymmetrische trapezoidförmige Konfiguration aufweist. Eine davon unterschiedliche asymmetrische trapezoidförmige Konfiguration ergibt sich aus der Sicht in der Richtung des Pfeils 45, der mit Bezug auf den Pfeil 44 um 90° versetzt ist. Im übrigen besitzt dieses Ausführungsbeispiel denselben Aufbau wie das erste Ausführungsbeispiel, so daß auf eine nähere Beschreibung verzichtet werden kann. Entsprechende Bauteile sind mit denselben Bezugszahlen versehen.

Die Arbeitsweise des Ultraschallmotors mit dem oben beschriebenen Aufbau wird im folgenden näher erläutert.

Wenn die piezoelektrischen Elemente 2 durch einen (nicht dargestellten) Hochfrequenzgenerator in Schwingung versetzt werden und bei einer solchen Frequenz schwingen, daß sie eine Resonanz in der Richtung des Pfeils 46, d. h. in derselben Richtung wie Pfeil 44, bewirken, beginnt in der Ebene des Pfeils 44 und der Mittelachse 8 eine elliptische Schwingung, die auf derselben Wirkung beruht, wie sie im ersten Ausführungsbeispiel beschrieben wurde. Die elliptische Oszillation entsteht, wie oben beschrieben, aus einer Longitudinal-Schwingung 47 und einer seitlichen Schwingung in Richtung des Pfeils 46, welche an den geneigten Flächen 40 und 41 erzeugt wird. Ein (nicht dargestelltes) zu bewegendes Objekt, das gegen die Kontaktfläche 3 gepreßt wird, kann dementsprechend in die durch den Pfeil 44 ange deutete oder in die dazu entgegengesetzte Richtung bewegt werden.

In gleicher Weise wird auch eine elliptische Schwingung in der Ebene des Pfeils 45 und der mittleren Achse 8 erzeugt, wenn auf die piezoelektrischen Elemente 2 eine Frequenz gegeben wird, welche eine Resonanz in der Richtung des Pfeils 48, die der Richtung des Pfeils 45 entspricht, bewirkt. Dementsprechend kann ein zu bewegendes Objekt, das gegen die Kontaktfläche 3 gedrückt ist, in die durch den Pfeil 45 angegebene Richtung oder in die dazu entgegengesetzte Richtung bewegt werden.

Das vorliegende Ausführungsbeispiel weist also das sehr nützliche und wirksame Merkmal auf, daß ein zu bewegendes Objekt durch einen Ultraschalloszillator 1 in zwei verschiedene Richtungen bewegt werden kann, lediglich indem die angelegte Frequenz verändert wird.

Die Fig. 5 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, welches einen Ultraschallmotor 50 darstellt, der durch den Aufbau des Horns 4 gekennzeichnet ist. Das Horn 4 gemäß diesem Ausführungsbeispiel besitzt ein Paar Ausbuchtungen 51, die bezüglich der Achse 8 symmetrisch angeordnet sind, wobei die Ausbuchtungen 51 um 180° zu einander versetzt und auf jeder von beiden Seiten der Mittelachse 8 vorgesehen sind. Die Ausbuchtungen 51 besitzen jeweils Kontaktflächen 3, welche sich in derselben Horizontalebene befinden, und geneigte Flächen 52, welche sich zwischen der jeweiligen Kontaktfläche 3 und der seitlichen Umfangsfläche des Horns 4 erstrecken. Die Bezugszahlen 54 bezeichnen jeweils senkrechte Flächenabschnitte der Ausbuchtungen. Des weiteren weist jede Ausbuchtung 51 eine geneigte Fläche 54 auf, welche sich bis zu der Position erstreckt, wo sie mit der anderen Ausbuchtung 51 zusammentrifft, wobei die geneigten Flächen 54 voneinander unabhängige Schwingungen der Ausbuchtungen 51 verhindern. Der Bolzen 6 gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel besteht aus einem Schraubenabschnitt 6a mit einem verhältnismäßig großen Durchmesser, einem Schaftstück 6c mit einem

verhältnismäßig kleinen Durchmesser und einem Gewindeabschnitt 6c mit einem verhältnismäßig kleinen Durchmesser, welcher an dem vorderen Ende des Schaftstücks 6b vorgesehen ist, sowie aus den piezoelektrischen Elementen 2 und dem Hornkörper 4, welche mittels des Schraubenabschnitts 6a des Bolzens 6 durch den Ring 5 miteinander verbunden sind. Das Schaftstück 6b des Bolzens 6 ist in ein Axialloch 55 des Horns 4 eingeführt, wobei zwischen dem Schaftstück 6b und dem Axialloch 55 ein Spalt vorgesehen ist, so daß sie bei der Oszillation des Horns 4 nicht miteinander in Berührung kommen.

Ein Rotor 56 ist mittels eines Lagers 57 mit dem Schaftstück 6b, das sich durch das Axialloch 55 des Horns 4 erstreckt, verbunden, wobei der Rotor 56 durch eine auf den Gewindeabschnitt 6c aufgeschraubte Mutter 58 und eine Feder 59, welche mit Vorspannung zwischen der Mutter 58 und dem Lager 57 vorgesehen ist, gegen die Kontaktflächen 3 der Ausbuchtungen 56 des Horns 4 gepreßt ist. Die anderen strukturellen Merkmale dieses Ausführungsbeispiels entsprechen denjenigen des ersten Ausführungsbeispiels und werden daher nicht näher beschrieben.

Nachfolgend wird die Arbeitsweise der Vorrichtung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel erläutert.

Wird durch einen (nicht dargestellten) Hochfrequenzgenerator eine entsprechende Hochfrequenz auf die piezoelektrischen Elemente 2 gegeben, so wird die erzeugte Schwingung durch das Horn 4 zu einer großen Longitudinal-Schwingung 60 an den Kontaktflächen 3 verstärkt. Gleichzeitig treffen longitudinale Schwingungswellen auf die geneigten Flächen 52 auf, was bewirkt, daß die Ausbuchtungen 51 des Horns 4 eine Lateralschwingung 60 machen. Da diese Oszillation eine Phasenabweichung von 180° zwischen dem Paar von Ausbuchtungen 51 verursacht, werden zwei elliptische Schwingungen, deren Phasen um 180° voneinander abweichen, erzeugt, und der Rotor 56 wird durch diese elliptischen Schwingungen angetrieben.

Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die jeweiligen geneigten Flächen 54 der Ausbuchtungen 51 so angeordnet, daß sie strukturell in Verbindung stehen, wodurch die Schwingungen der beiden Ausbuchtungen 51 nicht voneinander unabhängig sind. Auch wenn der Rotor 56 nur auf einer Kontaktfläche 3 aufliegt, kann die Schwingungsenergie auf der unbeladenen Seite auf einfache Weise zu der Ausbuchtung 51 auf der beladenen Seite übertragen werden. Hierdurch erhält man einen Ultraschallmotor 50, der durch eine unausgeglichene Belastung des Rotors 56 oder durch in radialer Richtung auf den Rotor 56 von außen einwirkende Kräfte wenig beeinflußt wird. Ist außerdem ein Spalt zwischen dem Schaftstück 6b des Bolzens 6 und dem Axialloch 55 des Horns 4 vorgesehen, so tritt am Horn 4 kein Schwingungsenergieverlust auf, was zur Leistungsfähigkeit des Ultraschallmotors 50 zusätzlich beiträgt.

Fig. 6 zeigt eine Vorderansicht eines sechsten Ausführungsbeispiels eines Ultraschallmotors 101 gemäß der vorliegenden Erfindung. Zur Vereinfachung der Beschreibung ist die Vorrichtung teilweise geschnitten dargestellt. Fig. 7 ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines wesentlichen Teils der Fig. 6, und Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht der Fig. 6 und eine Explorationsdarstellung eines wesentlichen Teils der Fig. 6.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, enthält der Ultraschallmotor 101 gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel piezoelektrische Elemente 102, einen Re-

sonator (Ring) 103, welcher auf der einen Seite der piezoelektrischen Elemente 102 angeordnet ist, einen Verbinde 105 mit einem Träger 104, eine Befestigungsschraube 106, einen Rotor 108, welcher mittels eines Lagers 107 drehbar an dem oberen Abschnitt der Befestigungsschraube 106 gelagert ist, und Reibungsmomentübertragungsstifte 110, welche zwischen dem Rotor 108 und den Abschlußflächen 109, d.h. den die elliptische Oszillation erzeugenden Flächen, des Trägers 4 vorgesehen und an den vorderen Abschlußflächen 109 des Trägers 104 angebracht sind, sowie eine Mutter 112 zur Einstellung der Anpreßkraft, mit der der Rotor 108 gegen die oberen Flächen der Stifte 110 auf den Oberflächen 109 des Trägers 104 gepreßt wird etc. Die Bezugszahlen 113 bezeichnen Arretierungslamellen.

Die Verbindung 105 besteht aus dem Träger 104 und einer Scheibe 114, welche die Basis bildet. Wie in Fig. 8 gezeigt ist, ist der Träger 104 als Horn ausgebildet, welches in zwei Trägerabschnitte unterteilt ist, die sich vom Boden einer Aussparung 115 erstrecken, deren Mittelpunkt auf der Mittelachse 116 liegt. Eine Seite 117 jeden Trägerabschnitts ist als senkrechte Fläche ausgebildet, und die andere Seite 118 jeden Trägerabschnitts als gewölbte Fläche, wobei die Trägerabschnitte mit Bezug auf die Mittelachse 116 symmetrisch sind. Der Träger 104 ist somit als Horn ausgebildet, so daß Schwingungen, insbesondere Longitudinal-Schwingungen, durch den Horn-Effekt verstärkt werden können.

Die Befestigungsschraube 106 erstreckt sich durch die Scheibe 114 und den Boden des Trägers, wobei der Rotor 108 durch das überstehende Schaftstück der Befestigungsschraube 106 drehbar gelagert ist. Gleichzeitig ist der Rotor 108 mit einer vorgegebenen Druckkraft mittels der Scheibenfeder 111 und der Mutter 112 gegen die oberen Flächen der Stifte 110 gepreßt, wobei die Mutter 112 zur Einstellung der Andruckkraft dient und auf einen Gewindeabschnitt 119 am Ende des überstehenden Schaftstücks der Schraube 106 aufgeschraubt ist.

Die jeweiligen Abschlußflächen 104 der Trägerabschnitte liegen in einer Ebene, die zu der Mittelachse 116 senkrecht ist. Auf den jeweiligen Abschlußflächen 109 der Trägerbereiche sind die Stifte 110 zur Reibungübertragung angebracht. Die Stifte bestehen aus Stahl mit einer Härte von HRC40 oder mehr, aus rostfreiem Stahl oder einem keramischen Material. Wie aus Fig. 7 ersichtlich, besteht jeder Stift 110 aus einem Kopf 121 und einem Schaft 122 mit kleinerem Durchmesser zur kraftschlüssigen Anbringung, wobei die Stifte 110 in der jeweiligen Abschlußfläche 109 angebracht werden, indem die Schäfte 122 kraftschlüssig in das jeweilige Loch 123 eingesetzt werden, welches an dem jeweiligen Ende des entsprechenden Trägerabschnitts vorgesehen ist und sich in der Richtung der Mittelachse 116 erstreckt. Die Kraftsitztiefe für jeden Stift 110 wird durch eine Stufe 124 des Stifts 110 definiert. Der Rotor 108 ist gegen die jeweilige obere Oberfläche der Stifte 110 mittels der Scheibenfeder 111 und der Mutter 112 gedrückt, wodurch Reibung auf den Motor 8 durch die oberen Oberflächen 125 der Stifte 110 übertragen werden kann.

Die in dem Ultraschall-Motor 101 mit dem obigen Aufbau an den piezoelektrischen Elementen 102 in der Breitenrichtung erzeugten Longitudinal-Schwingungen werden zum Verbinder 105 übertragen, wobei elliptische Oszillationen an den Abschlußflächen 109 des Verbinder 105 erzeugt werden. Da die Stifte 110 kraftschlüssig an den Abschlußflächen 109 angebracht sind, führen die Stifte 110 zusammen mit den Abschlußflä-

chen 109 eine elliptische Schwingung aus. Da der Rotor 108 gegen die jeweiligen Oberflächen 125 der Stifte 110 gepreßt ist, wird die Reibung durch die oberen Flächen 125 auf den Rotor 108 übertragen, wodurch der Rotor 108 angetrieben wird.

Auf diese Weise werden gemäß diesem Ausführungsbeispiel die an den Abschlußflächen 109 der Trägerenden erzeugten elliptischen Oszillationen durch die Stifte 110 auf den Rotor 108 übertragen, so daß Abriebfestigkeit und eine akustische Schwingungscharakteristik dem Verbinder 105 und den Stiften 110 verliehen werden können. Diese beiden Eigenschaften sind nicht immer miteinander vereinbar, üblicherweise sind sie jedoch bei Materialien für Ultraschall-Motoren erforderlich. Da bei diesem Ausführungsbeispiel somit Materialien mit besseren Eigenschaften verwendet werden, kann ein Ultraschall-Motor hergestellt werden, der eine merklich verbesserte Abriebfestigkeit und bessere akustische Schwingungscharakteristika aufweist.

Da die Stifte 110 kraftschlüssig angebracht werden, können sie leicht eingesetzt werden und erlauben auch eine maschinelle Montage.

Da darüber hinaus das Ausmaß, um welches die Stifte 110 überstehen, durch die Stufen 124 der Stifte 110 bestimmt ist, hat eine Mehrzahl von kraftschlüssig angebrachten Stiften 110 eine gleichmäßige Berührung mit dem Rotor 108, so daß ein Angleichen der Stifthöhe durch nachträgliches Bearbeiten der oberen Oberflächen der Stifte 110 nicht erforderlich ist.

Dieses Ausführungsbeispiel ermöglicht also die preisgünstige Herstellung eines Ultraschall-Motors 101 mit einem einfachen Aufbau, welcher sich bezüglich der Abriebfestigkeit und den akustischen Schwingungscharakteristiken auszeichnet, sehr wirksam arbeitet und eine lange Standzeit gewährleistet.

Die Fig. 9a, 9b und 10 zeigen ein siebtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Schaftstücke 122 zur kraftschlüssigen Verbindung der Stifte 110 gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel als Gewindeschäfte 130 ausgebildet, die in entsprechende Gewindelöcher 131 geschraubt werden können, die in den Abschlußflächen 109 der Trägerabschnitte vorgesehen sind. Der übrige Aufbau entspricht demjenigen gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel, so daß auf eine Beschreibung verzichtet werden kann. Identische Teile werden mit denselben Bezugszahlen wie im sechsten Ausführungsbeispiel bezeichnet.

Bei dem oben beschriebenen Aufbau können die Stifte 110 lösbar an den jeweiligen Abschlußflächen 109 der Trägerabschnitte befestigt und nach entsprechender Abnutzung auf einfache Weise durch neue ersetzt werden. Der Ultraschall-Motor 101 weist dadurch eine höhere Standzeit auf. Im übrigen entspricht der Aufbau demjenigen im sechsten Ausführungsbeispiel, so daß hierauf nicht näher eingegangen werden muß.

Die Fig. 11a, 11b und 11c zeigen ein achtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Stifte 110 gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel als zylindrische Stifte 110 ausgebildet, wie aus Fig. 11b ersichtlich ist, und sind an den jeweiligen Abschlußflächen 109 durch kraftschlüssigen Sitz in den Löchern 140, welche sich parallel zu den Abschlußflächen 109 erstrecken, vorgesehen. Jedes Loch 140 ist so ausgebildet, daß es an der Abschlußfläche 109 eine langgestreckte Öffnung 141 mit einer bestimmten Breite aufweist, welche sich in der axialen Richtung des Lochs 140 erstreckt, wobei ein Teil des

Stifts 110 über die Öffnung 141 über die Abschlußfläche 109 übersteht, wenn sich der Stift 110 im Loch 140 befindet.

Da der Aufbau im übrigen mit demjenigen des sechsten Ausführungsbeispiels identisch ist, wird er hier nicht näher beschrieben.

Bei dem oben beschriebenen Aufbau sind die Stifte 110 in linearem Kontakt mit dem Rotor 108, wobei die elliptische Oszillation von dem Verbinder 105 zu dem Rotor 108 durch Bereich mit linearer Berührung übertragen wird. In diesem Fall wird die elliptische Oszillation entlang einer Kreisbahn übertragen, wobei sich die Geschwindigkeitsrichtung der Rotationsrichtung annähert. Da die Berührungsfläche klein ist, kann das während der Drehmomentübertragung erzeugte Geräusch verringert werden. Außerdem können die Stifte 10 auf einfache Weise angebracht werden.

Im übrigen entsprechen die Arbeitsweise und die Wirkungen der vorliegenden Konstruktion denjenigen des sechsten Ausführungsbeispiels, so daß auf eine nähere Beschreibung verzichtet werden kann.

Die Form des Stifts 110 ist nicht auf die zylindrische Form beschränkt; sie kann zum Beispiel auch dreieckig, pfeilförmig oder dornförmig sein, wie es in den Fig. 11d, 11e und 11f gezeigt ist.

Die erwähnten Ausgestaltungen des Stifts haben jeweils dieselben Wirkungen. Besonders vorteilhaft ist die in Fig. 11f gezeigte Ausgestaltung, daß bei ihr jeder Stift 110 fest mit dem entsprechenden Trägerbereich verbunden werden kann.

Fig. 12a ist eine teilweise geschnittene Vorderansicht eines neunten Ausführungsbeispiels eines erfundsgemäßen Ultraschall-Motors 230, und Fig. 12b eine Explosionsdarstellung des erfundsgemäßen Ultraschall-Motors.

Wie aus der Zeichnung hervorgeht, umfaßt der Ultraschall-Motor 230 piezoelektrische Elemente 231 mit Arretierungslamellen 231, einen auf einer Seite der piezoelektrischen Elemente 231 befindlichen Ring 232, einen auf der anderen Seite der piezoelektrischen Elemente 231 vorgesehenen Verbinder 234 mit einem Träger 233, einen Rotor 235, welcher an die eine elliptische Oszillation erzeugenden Flächen 233a eines Trägers 233 anstößt und von diesen gehalten wird, einen durchgehenden Bolzen 236 mit einem Endbereich, der über den Rotor 235 übersteht, eine Mutter 237 zur Einstellung der Andruckkraft, welche auf den Endbereich des durchgehenden Bolzens 236 geschraubt ist, und eine Sperrplatte 238, welche eine Rotation der Mutter 237 zur Einstellung der Andruckkraft verhindert.

Der Verbinder 234 besteht aus dem Träger 233 und einem scheibenförmigen Bereich 239, der die Basis darstellt. Der um die Achse  $a$  befindliche Teil des scheibenförmigen Bereichs 239 und die Seitenflächen 240, die der Rotationsrichtung entgegengesetzt ausgerichtet sind, sind bezüglich der Mittelachse  $a$  symmetrisch, wobei der Verbinder 234 als Horn mit einem unteren Trägerbereich 233b ausgebildet ist. In der Mitte des Trägers 233 ist eine U-förmige Ausnehmung 233c vorgesehen, die sich abwärts von den die elliptische Oszillation erzeugenden Flächen 233a erstreckt und einen unteren Trägerbereich 233b mit einer geeigneten Höhe zwischen dem Boden dieser Ausnehmung 233c und der oberen Fläche der Scheibe 239 bildet. Durch die U-förmige Ausnehmung 233c ist der Träger 233 in zwei Längsbereiche unterteilt, welche sich von der Mittelachse  $a$  aus erstrecken. Die eine Seite jedes Trägerbereichs, d. h. die der oben erwähnten Seitenfläche 240 gegenüberliegen-

de Fläche 240a, ist als vertikale Fläche ausgebildet, während die andere Seite, d. h. die Seitenfläche 240, als gekrümmte Fläche ausgebildet ist, wobei beide Trägerbereiche in bezug auf die Mittelachse  $a$  symmetrisch sind.

Die Grundfläche des Rotors 235 ist als Druckfläche 235a ausgebildet und stößt an die elliptische Schwingungen erzeugenden Flächen 233a an. Auf der Oberseite des Rotors 235 ist eine Ausnehmung 235b vorgesehen, in welcher ein Lager 241 angebracht ist.

Der durchgehende Bolzen 236 erstreckt sich durch den Ring 232, die piezoelektrischen Elemente 231, den Verbinder 234, den Rotor 235 und das Lager 241, wobei der Endbereich 236a über das Lager 241 übersteht. Ein Gewindeabschnitt 242 sowie ein sich in axialer Richtung erstreckender Schlitz 243 sind an diesem Endbereich 236a vorgesehen.

Die Mutter 237 zur Einstellung der Anpreßkraft ist auf den Gewindeabschnitt 242 geschraubt. Sie sorgt für die Andrückung des Rotors 235 gegen die elliptische Schwingungen erzeugenden Flächen 233a mit einer gewünschten Andruckkraft, die eine Scheibenfeder 244 ausübt, und weist auf ihrem gesamten Umfang Einkerbungen 245 auf, die eine gerippte Oberfläche bilden und mit der Sperrplatte 238 in Eingriff gebracht werden können.

Die Sperrplatte 238 ist in den Schlitz 243 eingeführt, um die Mutter 237 zur Einstellung der Andruckkraft an der Rotation zu hindern, und besteht aus einem Rumpfteil 246, welches in den Schlitz 243 eingeführt werden kann, und zwei Füßen 247, die sich parallel zueinander von den seitlichen Bereichen des Rumpfteils 246 erstrecken. An den jeweiligen Enden der Füße 247 sind sich gegenüberliegende Halteabschnitte 248 angebracht, die sich im Eingriff mit den Einkerbungen 245 der Mutter 237 befinden und dadurch die Mutter 237 zur Einstellung der Andruckkraft halten. Der Abstand  $T_1$  zwischen den unteren Enden der Halteabschnitte 248 ist größer als der Bodendurchmesser der Mutter 237, d. h. der Abstand zwischen zwei sich diagonal gegenüberliegenden Böden der Einkerbungen 245, und der Abstand  $T_2$  zwischen den mittleren Bereichen der Halteabschnitte 248 ist etwas kleiner als der erwähnte Bodendurchmesser, wodurch die Mutter 237 elastisch gehalten werden kann. Um die Halterung zu erleichtern, weist jeder Halteabschnitt 248 eine geneigte oder gekrümmte Fläche auf, die sich kontinuierlich von dem unteren Ende zu dem mittleren Bereich des Halteabschnitts erstreckt.

Bei dem Ultraschall-Motor 230 mit dem oben beschriebenen Aufbau wird die Druckfläche 235a des Rotors gegen die elliptische Oszillation erzeugenden Flächen 233a des Verbinder 234 gepreßt, und zwar mit einer gewünschten Druckkraft, die von der Scheibenfeder 244 und dem Lager 241 ausgeübt werden, während die Mutter 237 zur Einstellung der Andruckkraft rotiert, wenn die Sperrplatte 238 nicht in den Schlitz 243 eingeführt ist. Sodann wird der Rumpfteil 246 der Sperrplatte 238 in den Schlitz 243 von oben eingeführt, während die unteren Enden der Halteabschnitte 248 entlang der diagonalen Nuten 245 der Mutter 237 geführt werden, wodurch die Sperrplatte 238 gelockert wird. Die peripheren Oberflächen 237 wird sodann durch die Mittelteile der Halteabschnitte 248 zurückgehalten, wodurch das Drehen der Mutter 237 verhindert wird.

Die Ausgestaltung der Nuten, die sich um den gesamten Umfang der Druckbefestigungskraft-Verbindungs-mutter 237 herum erstrecken, kann derart sein, daß jede Nut einen rechteckigen Querschnitt (vgl. Fig. 13b), einen rechteckigen Querschnitt mit linear-abgegratenen

Vorsprungsenden (Fig. 13c) oder einen rechteckigen Querschnitt mit abgerundeten Vorsprungsenden (Fig. 13d) aufweist.

Entsprechend dieser Ausführungsform wird die Sperrplatte 238 durch den Schlitz 243 am Drehen gehindert, der am Ende 236a des durchgehenden Bolzens 236 vorgesehen ist. Gleichzeitig verhindert der Eingriff zwischen den Halteabschnitten 248 der Sperrplatte 238 und den Nuten 245, die sich am ganzen Umfang der Mutter 237 zur Einstellung der Anpreßkraft befinden, die Drehung der Mutter 237, die auf den durchgehenden Bolzen 236 geschaubt ist und die dazu dient, die Druckkraft einzustellen, mit welcher die Andruckfläche 235a des Rotors 235 gegen Oberflächen 233a des Verbinder 234 zur Erzeugung der elliptischen Schwingungen gedrückt werden, sowie den gesamten Ultraschallmotor 230 zu befestigen. Demgemäß kann die Mutter 237 in einer beliebigen Stellung arretiert werden, wobei sie es ermöglicht, daß der Rotor 235 konstant mit der gewünschten Druckkraft gegen den Verbinder 234 gedrückt wird.

Weiterhin kann die Mutter 237 an einer Drehung verhindert und in einer Position gehalten werden, indem lediglich die Sperrplatte 238 von oben in den Schlitz 243 gezwängt wird, wodurch eine automatische Montage des Ultraschallmotors 230 möglich ist.

Wie in der Fig. 14 gezeigt ist, kann ein Stopper 250 am unteren Ende des Rumpfteils 246 der Sperrplatte 238 vorgesehen sein. Diese Anordnung gestattet es, daß die Sperrplatte 238 fest mit dem Schlitz 243 verbunden wird, ohne daß irgendwelche Lose auftreten, und zwar auch dann nicht, wenn die Dicke des Rumpfteils 246 kleiner ist als die Breite des Schlitzes 243, wodurch verhindert wird, daß die Mutter 237 zur Einstellung der Anpreßkraft sich drehen kann.

Die Fig. 15 zeigt eine zehnte Ausführungsform des erfundungsgemäßen Ultraschallmotors. In der Zeichnung ist nur die Sperrplatte 251 dieser Ausführungsform dargestellt. Die übrigen Merkmale dieser Ausführungsform sind dieselben wie bei der oben beschriebenen neunten Ausführungsform, weshalb auf eine erneute Beschreibung dieser Merkmale verzichtet wird.

Die Sperrplatte 251 der zehnten Ausführungsform weist eine kreisrunde Bohrung 253 auf, die im oberen Bereich des Körperabschnitts 252 vorgesehen ist. Ansonsten ist die Ausgestaltung dieselbe wie bei der beschriebenen neunten Ausführungsform, weshalb auf ihre Beschreibung verzichtet wird. Komponenten, die denjenigen der neunten Ausführungsform entsprechen, sind mit denselben Bezugszahlen versehen. Die Ausbildung der Bohrung 253 ist nicht auf kreisförmige Löcher beschränkt, vielmehr kann es sich auch um eine elliptische, rechteckige oder sonstige Durchbrechung handeln.

Diese Ausführungsform weist dieselben Eigenschaften auf wie die vorbeschriebene neunte Ausführungsform. Außerdem ist es vorteilhaft, daß die Sperrplatte 238 leicht mit Hilfe der Bohrung 253 herausgezogen werden kann, indem beispielsweise ein Haken oder dergleichen in diese Bohrung 253 eingeführt wird. Hierdurch wird sowohl die Neueinstellung der Druckkraft erleichtert, mit welcher der Rotor gegen die Oberfläche gepreßt wird, welche die elliptischen Schwingungen erzeugt, als auch der Austausch und die Neueinstellung des Rotors, wenn er aufgrund der Übertragung des Ultraschall-Schwingungsmoments abgenutzt ist.

Die Fig. 16a und 16b zeigen eine elfte Ausführungsform des erfundungsgemäßen Ultraschallmotors. In der Zeichnung ist jedoch lediglich die Sperrplatte 255 dieser

Ausführungsform dargestellt. Die anderen Bauteile dieser Ausführungsform sind dieselben wie diejenigen der oben beschriebenen neunten Ausführungsform, so daß auf ihre Beschreibung verzichtet werden kann.

In der Sperrplatte 255 dieser Ausführungsform sind die Kanten der jeweiligen Haltebereiche 258 der Füße 257, die sich vom Abschnitt 256 her erstrecken, als abgeschrägte Bereiche 259 ausgebildet. Dies bedeutet, wie in einem vergrößerten Maßstab in der Fig. 16b gezeigt ist, daß die Breite t der jeweiligen Endflächen der Haltebereiche 258 kleiner als der Abstand T zwischen den Nuten 245 ist, die um den ganzen Umfang der Mutter 237 zur Einstellung der Anpreßkraft angeordnet sind.

Diese Ausführungsform weist dieselben Effekte auf wie die oben beschriebene neunte Ausführungsform. Hinzu kommt, daß sie das Eingreifen der Sperrplatte 255 in die Nuten 245 mittels der abgeschrägten Endbereiche 259 der Halteabschnitte erleichtert und überdies sowohl eine Drehung der Mutter 237 zur Einstellung der Anpreßkraft verhindert als auch die Einstellung der Druckkraft ermöglicht, mit welcher der Rotor gegen den Verbinder gedrückt wird, um genauer zu arbeiten.

Die Fig. 17 und 18 zeigen eine zwölfe Ausführungsform der Erfahrung. Bei dieser Ausführungsform erstreckt sich ein Bolzen 306 entlang einer Zentralachse des erfundungsgemäßen Ultraschallmotors, und zwar durch eine Ummantelung 305, durch Abschlußplatten 307 sowie durch piezoelektrische Elemente 302, und er wird mittels eines mit einem Schraubgewinde versehenen Bereichs in ein Horn 304 eingeschraubt, wodurch diese Komponenten mit einer ausreichenden Kraft miteinander verbunden werden, so daß gewährleistet ist, daß die jeweiligen Kontaktflächen während der Schwingungen nicht in Richtung der Dicke der piezoelektrischen Elemente 302 voneinander getrennt werden. Die axiale Bohrung des Horns 304 definiert erfundungsgemäß einen zylindrischen Raum, dessen Größe so ausgelegt ist, daß der Bolzen 306 daran gehindert wird, mit dem Horn 304 in Berührung zu kommen, wenn letzteres in Resonanz schwingt.

Ein Rotor 356 wird mittels eines Lagers 357 durch einen zweiten linearen Abschnitt des Bolzens 306 getragen. Eine Mutter 358, die auf einen zweiten mit einem Gewinde versehenen Abschnitt 306c des Bolzens 306 aufgeschraubt ist, dient dazu, die Druckkraft einer Feder 359 einzustellen, mit welcher der Rotor 358 gegen die obere Fläche 303 des Horns angedrückt gehalten wird. Der innere Durchmesser des Lagers 357 ist so ausgelegt, daß er in axialer Richtung entlang eines linearen Abschnitts 366 des Bolzens 306 unter der Druckkraft der Feder 359 gleiten kann. Wenn eine geeignete Hochfrequenz mittels eines nicht dargestellten Hochfrequenzgenerators auf die piezoelektrischen Elemente 302 gegeben wird, wird die Schwingung auf das Horn 304 übertragen, wobei sie an der Kontaktfläche 303 zu einer Längsschwingung hohen Grades wird. Außerdem gelangen Längsschwingungen auf die schrägen Oberflächen 354 und bewirken, daß die Vorsprünge 353 des Horns 304 in seitliche Richtung schwingen. Diese Schwingung beinhaltet eine  $180^\circ$ -Phasenverschiebung zwischen den beiden Vorsprüngen 353, wodurch zwei elliptische Schwingungen mit einer  $180^\circ$ -Phasenverschiebung erzeugt werden, die bewirken, daß sich der Rotor 356 dreht. Da sich zwischen dem Bolzen 306 und dem Horn 304 ein zylindrischer Zwischenraum befindet, kommt das Horn 304 nicht mit dem Außenmantel des Bolzens 306 in Berührung, so daß die Schwingung des Horns 304 auf den Rotor 356 ohne Dämpfung übertra-

gen wird, wodurch die Eigenschaften des Motors verbessert werden. Außerdem wird der Motor 356 drehbar vom Bolzen 306 mit Hilfe des Lagers 357 getragen, so daß der Rotor 356 bezüglich des Bolzens 306 und des Horns 304 in einer stabilen Lage gehalten wird.

Die Fig. 19 zeigt eine dreizehnte Ausführungsform der Erfindung. Diese Ausführungsform enthält einen Bolzen 401, der als zweistufiger Bolzen ausgebildet ist und eine hexagonale Bohrung 402 an seinem Ende aufweist. Er enthält außerdem einen Kragen 405, in den ein mit Gewinde versehener Abschnitt 404 des Bereichs 403 mit dem kleineren Durchmesser des Bolzens 401 eingeschraubt ist. Der Kragen 405, die Abschlußplatten 406, die piezoelektrischen Elemente 407 und ein Horn 408 werden hierbei mit Hilfe des Stufenabschnitts 410, der sich zwischen den Abschnitten 403 bzw. 409 mit kleinem bzw. großem Durchmesser des Bolzens 401 befindet, unter Druck befestigt. Mit dem äußeren Umfang des Abschnitts 409 mit dem großen Durchmesser des Bolzens 401 ist der innere Umfang eines Lagers 411 verbunden, mit dessen äußerem Umfang ein Rotor 412 in Verbindung steht. Wie bei der vorbeschriebenen Ausführungsform wird die Druckkraft, mit welcher der Rotor gegen das Horn 408 gedrückt wird, mittels einer Feder 413 und einer Mutter 414 eingestellt. Zwischen dem inneren Durchmesser des Hörns 408 und dem äußeren Durchmesser des Bolzens 401 ist ein zylindrischer Raum 415 vorgesehen, der bewirkt, daß die Schwingung des Hörns 408 nicht gedämpft wird.

Die dreizehnte Ausführungsform der Erfindung hat im wesentlichen dieselben Wirkungen wie die zwölften Ausführungsform. Der Vorteil der dreizehnten Ausführungsform besteht darin, daß alle Montageschritte, die für den Zusammenbau des Motors erforderlich sind, von oben vorgenommen werden können, wodurch der Zusammenbau an einem Fließband erleichtert wird.

#### Patentansprüche

1. Ultraschalloszillatator mit an Spannung liegenden piezoelektrischen Elementen, die flächig auf einer Seite mit einem ringförmigen Halterungsteil und auf der anderen Seite mit einem zylindrischen Resonator in Verbindung stehen, der eine oder mehrere abgeschrägte Flächen aufweist und an dessen Kopfende aufgrund der an den piezoelektrischen Elementen anliegenden Spannungen durch einerseits senkrecht und andererseits parallel zur Verbindungsfläche zwischen piezoelektrischen Elementen und Resonator verlaufende Bewegungen elliptische Schwingungen erzeugt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die abgeschrägten Oberflächen (9) relativ zur Längsachse (8) oder einer hierzu parallelen Linie unsymmetrisch sind, wenn der Resonator (4) in einer die Längsachse oder die hierzu parallele Linie durchsetzenden und senkrecht zu den abgeschrägten Oberflächen liegenden Ebene geschnitten betrachtet wird.

2. Ultraschalloszillatator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elliptischen Schwingungen in zwei oder in mehrere Richtungen erzeugt werden, indem auf die piezoelektrischen Elemente (2) eine Spannung von einer Frequenz gegeben wird, die Resonanzen in Richtung der jeweiligen abgeschrägten Oberflächen des Resonators (4) bewirken.

3. Ultraschalloszillatator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er für einen Motor verwendet

5

14

wird, wobei ein Rotor (22) drehbar gelagert ist und elliptische Schwingungen am vorderen Ende des Resonators (4) erzeugt werden und wobei der Rotor (22) dadurch in Drehung versetzt wird, daß er mittels einer geeigneten Druckkraft gegen den Bereich gepreßt wird, wo die elliptischen Schwingungen erzeugt werden.

4. Ultraschalloszillatator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er für einen Motor verwendet wird, wobei der Bereich, in dem die elliptischen Schwingungen erzeugt werden, so ausgeführt ist, daß er ein Werkstück (30), das auf ihn gelegt wird, geradeaus bewegt.

5. Ultraschalloszillatator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er für einen Motor verwendet wird, wobei zwei Resonator-Ausbuchtungen (51) vorgesehen sind, welche dieselbe Form aufweisen und die in den vorderen Endbereichen des Resonators (4) derart symmetrisch zur Achse dieses Resonators (4) angeordnet sind, daß sie eine Phasenverschiebung von 180° zueinander haben, wobei ein Rotor (56) drehbar gelagert ist und die Resonator-Ausbuchtungen (51) eine oder mehrere abgeschrägte Oberflächen aufweisen, und daß der Rotor (56) dadurch gedreht wird, daß er gegen die jeweiligen Endbereiche der Resonator-Ausbuchtungen (51) mit einer geeigneten Kraft gedrückt wird.

6. Ultraschalloszillatator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er für einen Motor verwendet wird, wobei ein drehbar gelagerter Rotor (108) gegen die elliptische Schwingungen erzeugenden Oberflächen gedrückt wird und diese Oberflächen Reibungsmoment-Übertragungsstifte (110) aufweisen, die sich von den Oberflächen aus erstrecken und aus rostfreiem Stahl, Eisen aus HRC40 oder mehr oder einem keramischen Material bestehen.

7. Ultraschalloszillatator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Reibungsmoment-Übertragungsstifte (110) einen kraftangepaßten Teil aufweisen, der als Stift mit Gewinde (130) ausgebildet ist und der in eine Gewindebohrung (131) eingeführt werden kann, die sich an der Endoberfläche (109) eines Trägerabschnitts des Resonators befindet.

8. Ultraschalloszillatator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Reibungsmoment-Übertragungsstifte so ausgebildet sind, daß sie sich von einer Oberfläche, die elliptische Schwingungen erzeugt, mit einer bestimmten Höhe erheben, und zwar mittels eines Stufenabschnitts zwischen einem Kopfbereich, der einen relativ großen Durchmesser aufweist, und einem Schaftbereich, der einen relativ kleinen Durchmesser aufweist.

9. Ultraschalloszillatator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß Bohrungen vorgesehen sind, welche sich in der Nähe von und parallel zu den Oberflächen befinden, die elliptische Schwingungen erzeugen, und daß Reibungsmoment-Übertragungsstifte derart in diese Bohrungen eingeführt sind, daß ihre oberen Bereiche über die elliptische Schwingungen erzeugenden Oberflächen hinausragen, wobei der Rotor und die Stifte in einem linearen Kontakt zueinander stehen.

10. Ultraschalloszillatator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er für einen Motor verwendet wird, bei dem ein Rotor durch Andrücken auf eine Oberfläche, die elliptische Schwingungen erzeugt, gedreht wird, und wobei ein Durchsteckstift durch

den Ultraschallmotor führt und eine Befestigungsmutter für die Druckbefestigungskraft auf den vorderen Endabschnitt des Durchsteckstifts aufgeschraubt wird und so ausgelegt ist, daß sie den Ultraschallmotor zusammenhält, wobei diese Mutter auf ihrer gesamten Außenseite Nuten hat und ein Verriegelungselement vorgesehen ist, welches die Drehung der Befestigungsmutter für die Druckbefestigungskraft verhindert.

11. Ultraschalloszillator nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Verriegelungselement Halteabschnitte aufweist, die lösbar mit den Nuten des Durchsteckstifts verbunden werden können und daß dieses Verriegelungselement in einen Schlitz eingeführt werden kann, der sich am vorderen Ende des Durchsteckstifts befindet, wodurch die Rotation der Befestigungsmutter für die Druckbefestigungskraft verhindert wird.

12. Ultraschalloszillator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er für einen Motor verwendet wird, bei dem ein Rotor drehbar gelagert ist und ein Bolzen vorgesehen ist, der den Rotor gegen die Oberfläche drückt, die elliptische Schwingungen erzeugt, daß ferner ein Durchsteckstift vorgesehen ist, der integral mit dem erwähnten Bolzen verbunden ist und sich durch den Ultraschallmotor erstreckt, wobei der Bolzen nur mit dem Boden des Resonators in Kontakt steht und zwischen sich und dem vorderen Endabschnitt des Resonators einen Zwischenraum bildet, so daß die Schwingung des vorderen Endbereichs des Resonators nicht behindert wird.

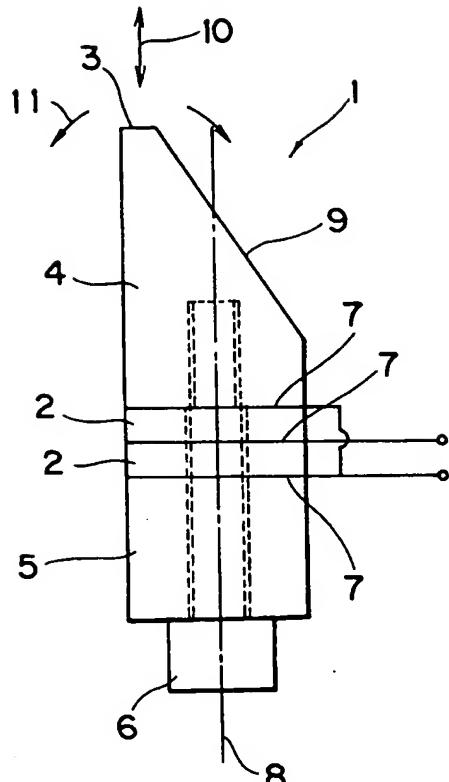
13. Ultraschalloszillator nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Bolzen als zweistufiger Bolzen ausgebildet ist, dessen Abschnitt mit dem größeren Durchmesser so ausgelegt ist, daß er einen Verbindeelement gegen einen Oszillatorträger drückt, und dessen Abschnitt mit dem kleineren Durchmesser die innere Peripherie eines Lagers, welches den Motor trägt, derart stützt, daß das Lager in axialer Richtung gleiten kann.

14. Ultraschalloszillator nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Bolzen als zweistufiger Bolzen ausgebildet ist, dessen Abschnitt mit dem kleineren Durchmesser einen Stufenabschnitt aufweist, der einen Verbindeelement gegen einen Oszillatorträger drückt und dessen Abschnitt mit dem größeren Durchmesser die innere Peripherie eines Lagers stützt, welches den Rotor trägt, so daß das Lager sich in axialer Richtung bewegen kann.

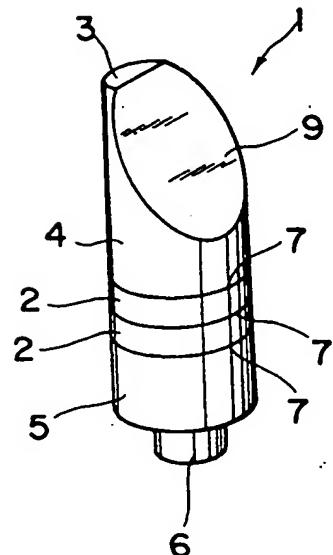
---

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

**FIG. I**  
 (a)



**FIG. I**  
 (b)



**FIG. 2**

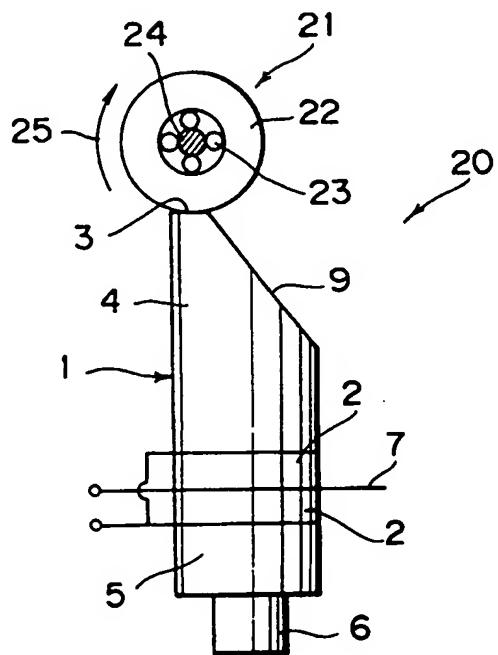


FIG. 3

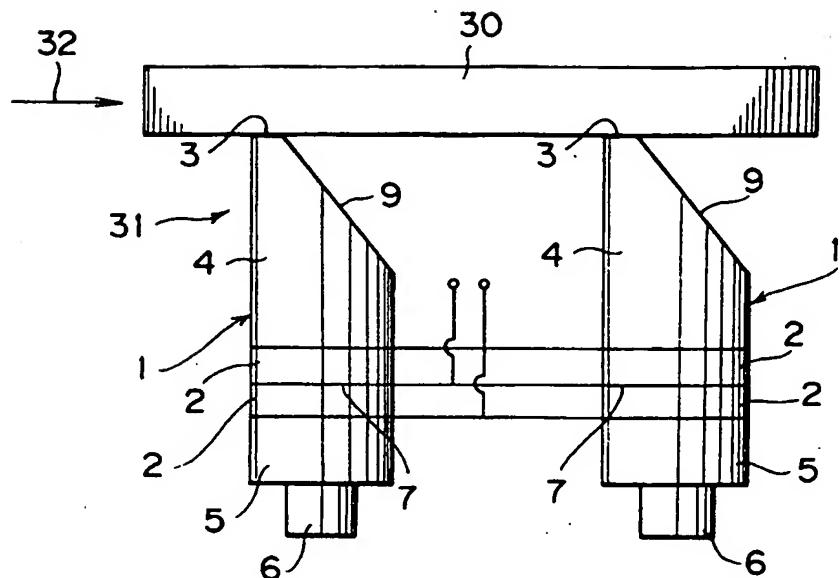


FIG. 4

(a)

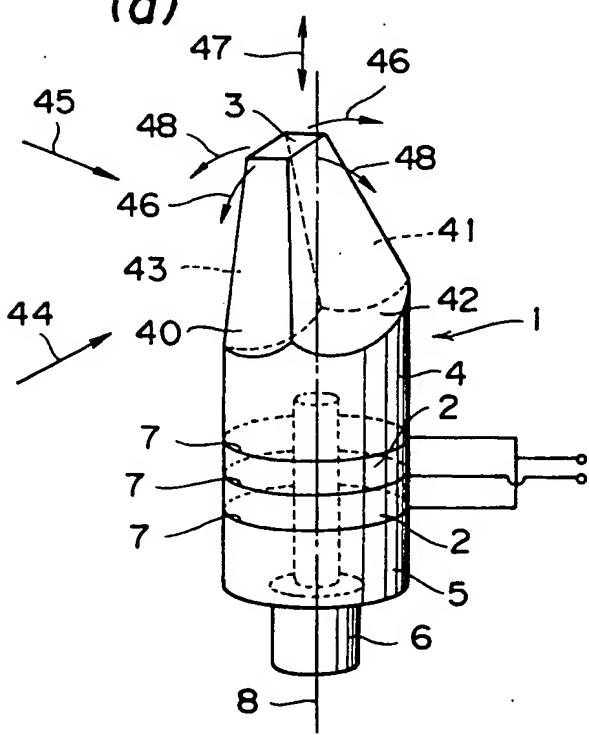
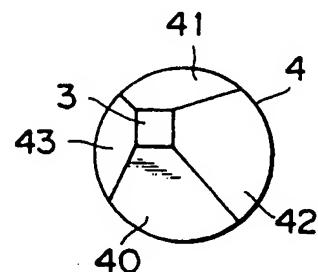
FIG. 4  
(b)

FIG. 5 (a)

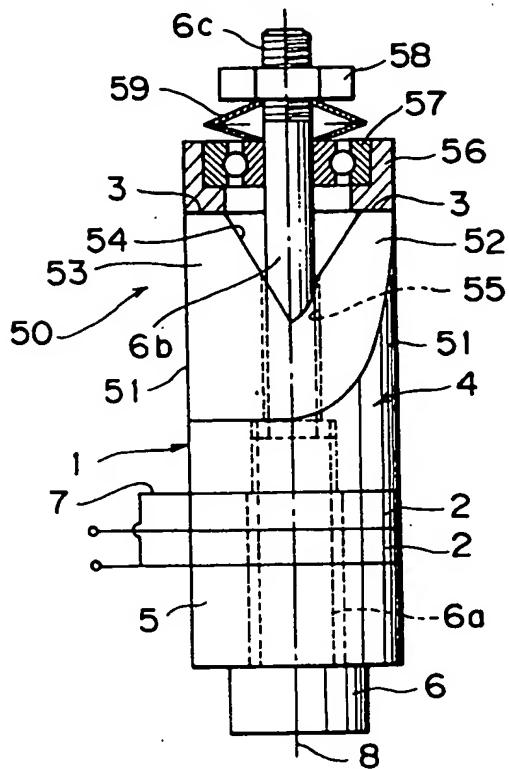


FIG. 5 (b)

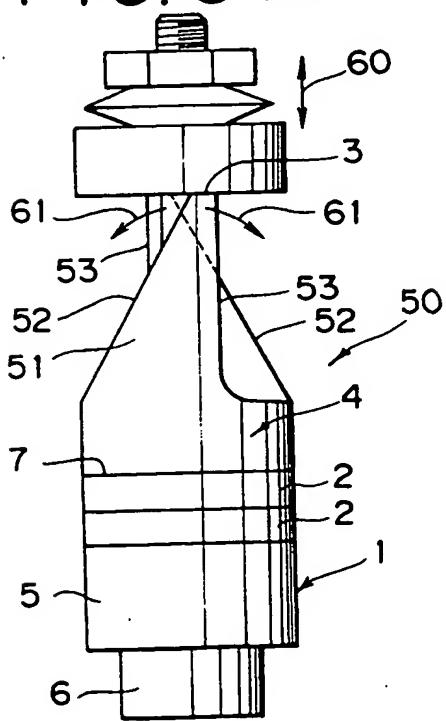


FIG. 6

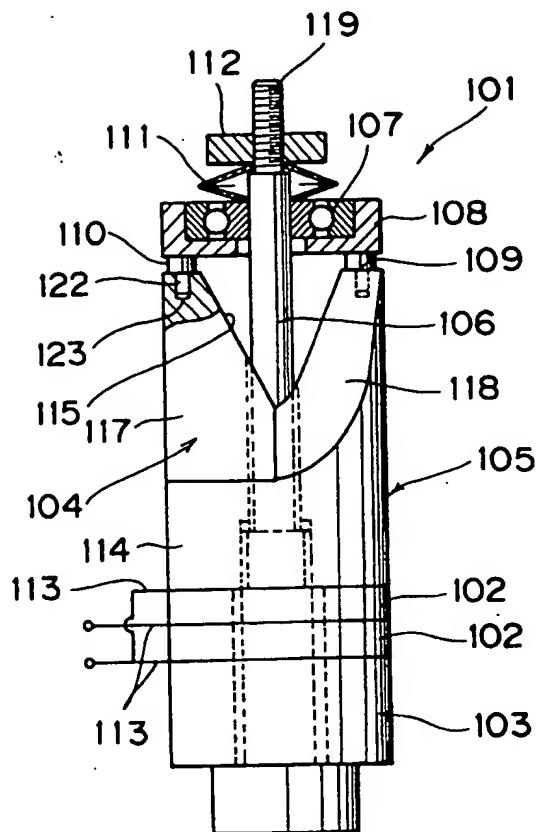


FIG. 7

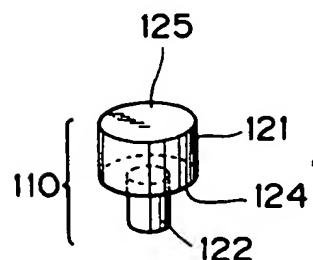
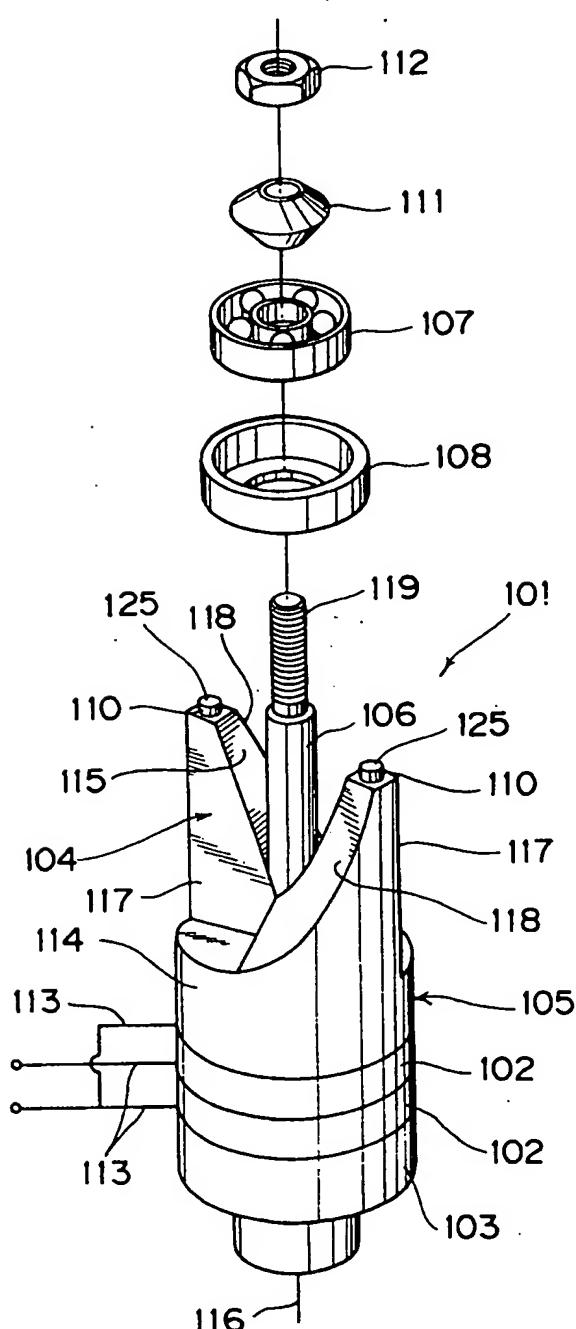


FIG. 8



**FIG. 9**  
**(g)**

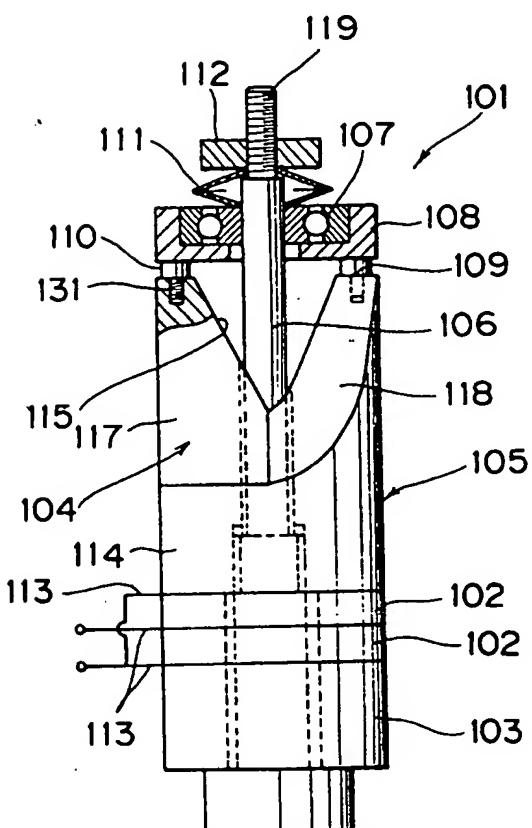


FIG. 9  
(b)

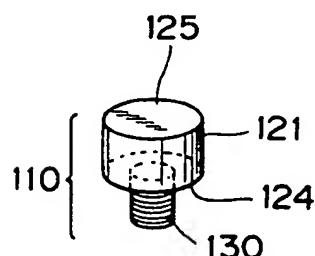


FIG. 10

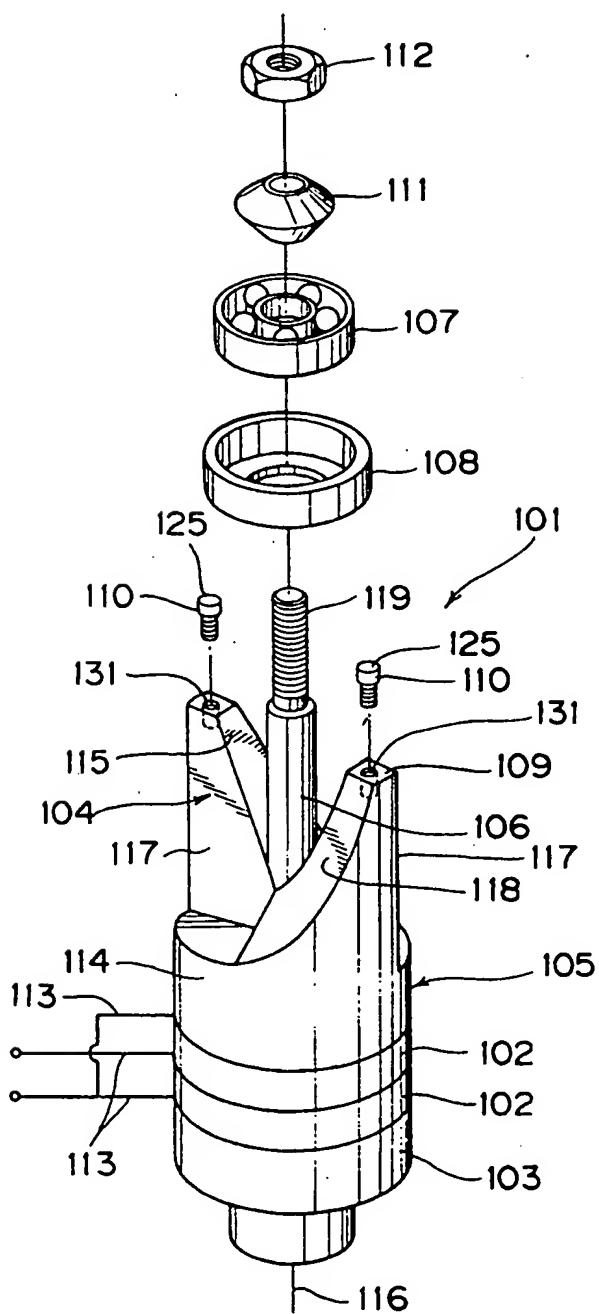
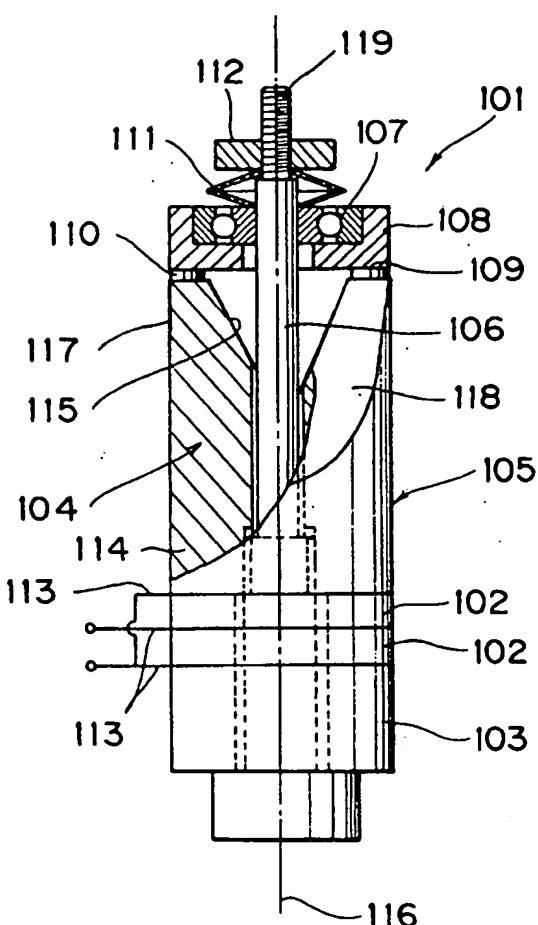
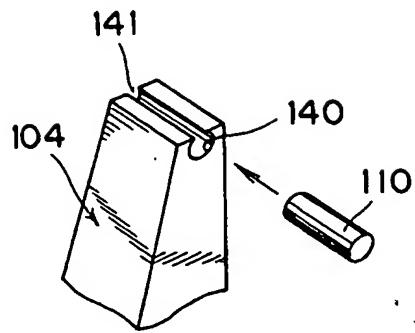


FIG. 11

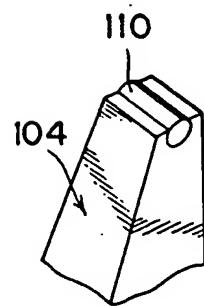
(a)



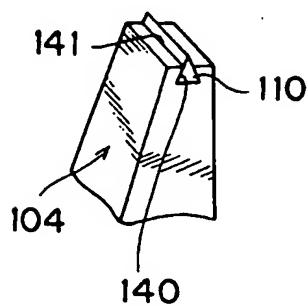
**FIG. II**  
**(b)**



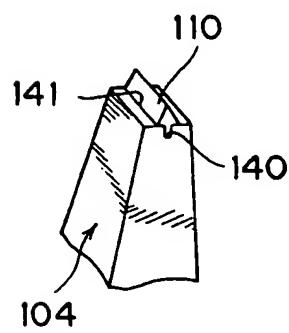
**FIG. II**  
**(c)**



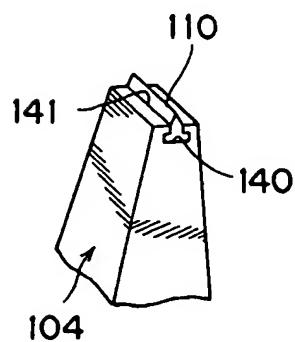
**FIG. II**  
**(d)**



**FIG. II**  
**(e)**



**FIG. II**  
**(f)**



**FIG. I2 (a)**

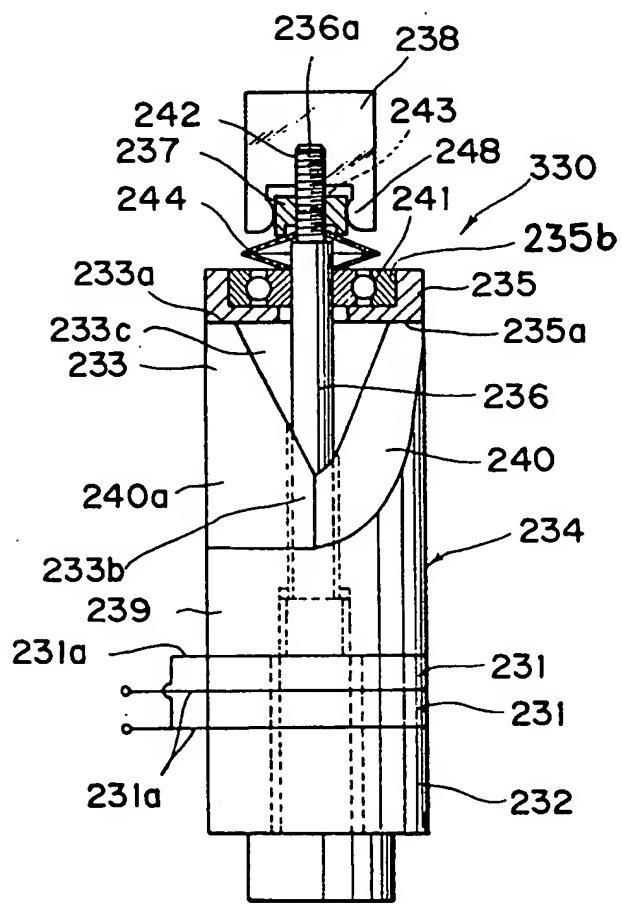


FIG. 12 (b)

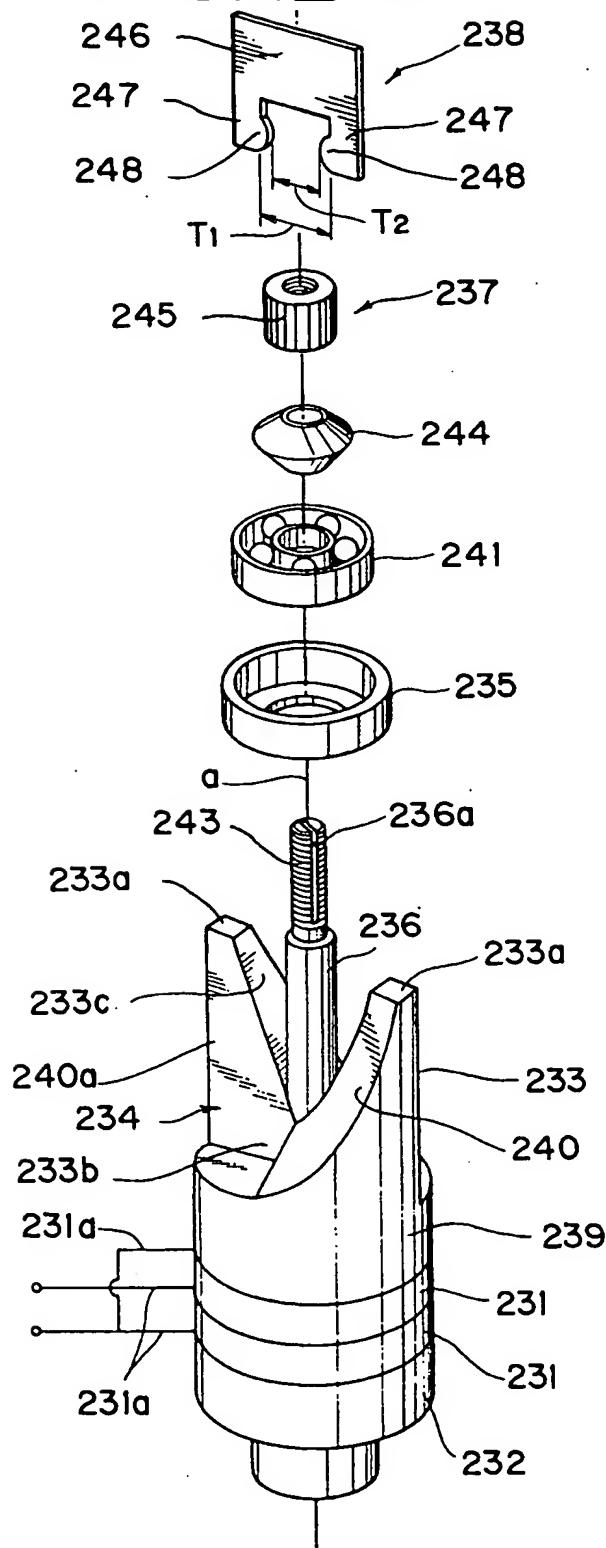


FIG. 13 (a)

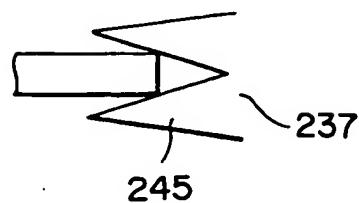


FIG. 13 (b)

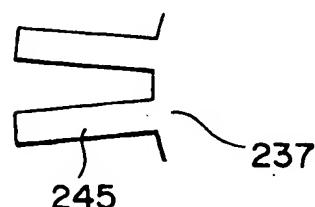


FIG. 13 (c)

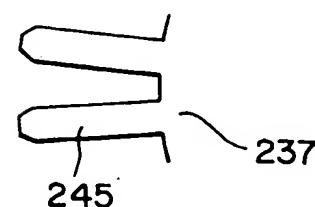


FIG. 13 (d)

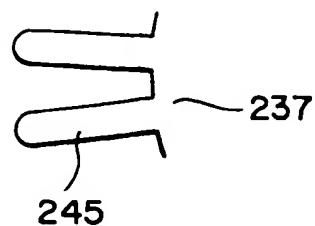


FIG. 14

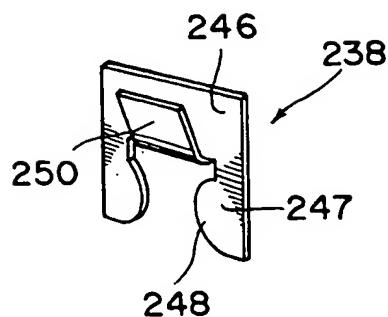


FIG. 15

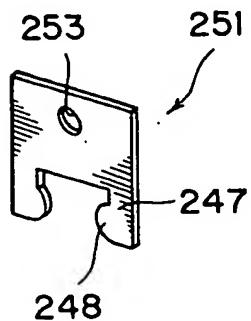


FIG. 16

(a)

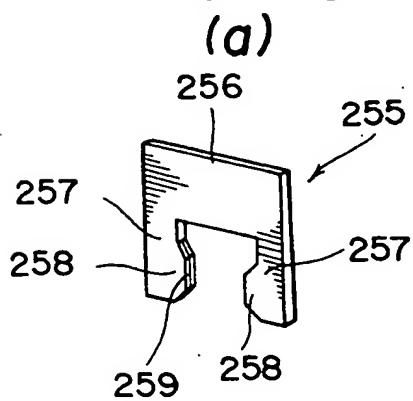


FIG. 16

(b)

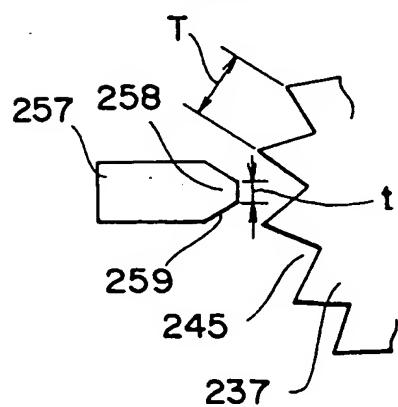


FIG. 17

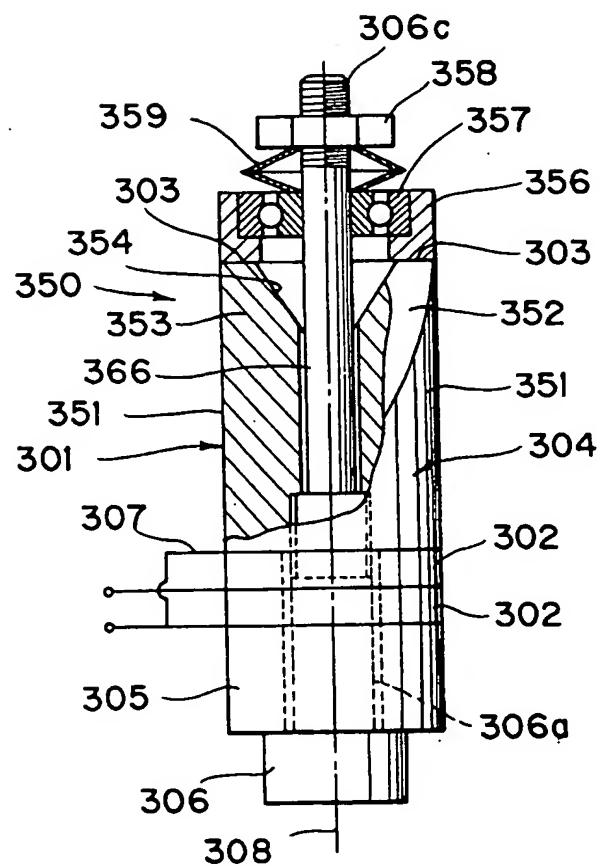


FIG. 18

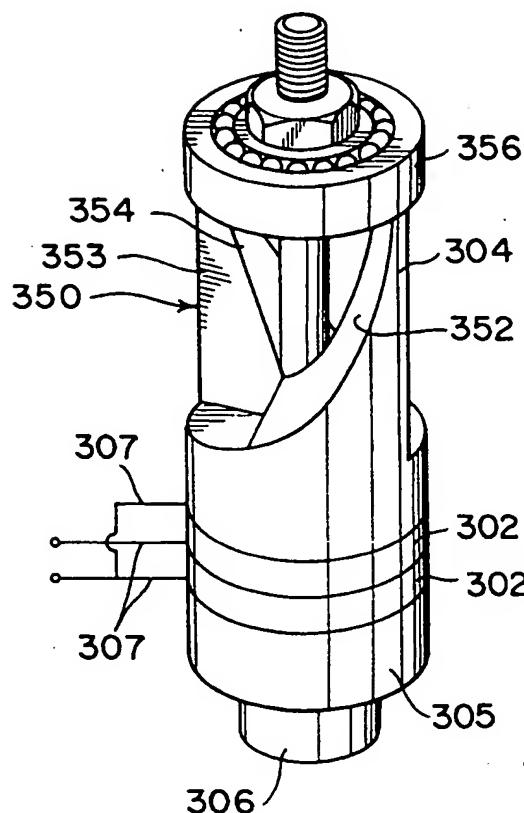


FIG. 19

